

鋼棒を挿入接着した集成材梁の強度特性

環境構造工学講座 09739 當麻 成亮
指導教員 長谷部 薫 後藤 文彦

1.はじめに

近年、木材がもつ天然材料としての良さを十分に活かした各種建造物の建造に寄与している。その部材の一つに構造用集成材がある。木材は破壊形状が脆性的であり、強度面において課題が多く、木材を構造用集成材として利用する時に強度が小さい場合がある。そのような時、鋼板や鋼棒を用いて補剛する必要が出てくる。しかし、木材に鋼板や鋼棒を入れて補剛することで曲げ剛性 $EI = E_{木}I_{木} + E_{鋼}I_{鋼}$ は大きく上がるが、せん断剛性 $GA = G_{木}A_{木} + G_{鋼}A_{鋼}$ は大きく改善されない。そこで木材はせん断に弱いため注意する必要が出てくる。本研究では、集成材梁の上縁と下縁に鋼棒を挿入したモデルを作成し、集成材梁への鋼棒挿入がせん断に及ぼす影響を数値解析によって調べる。

2.解析モデル

図-1と図-2に本研究で対象とした梁のモデルを示す。せん断の影響が大きくなる状態を見るため、単純梁の中央に1点载荷する3点曲げ試験のモデルを採用した。ティモシェンコ梁のたわみの式 $v = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{PL}{4GkA}$ より鋼棒を挿入していない集成材の時に $\frac{\text{せん断たわみ}}{\text{曲げたわみ}} = \frac{12EI}{L^2GkA}$ が5%以上になるようなモデルとする。5%以上になるのはスパン 3416mm であるので、スパン L は 3500 [mm] から 1000 [mm] の間を 500 [mm] 間隔で変化させる。モデルの分割数はスパン 3500mm の時 $70 \times 18 \times 12$ (スパン \times 高さ \times 幅) で分割する。以降はスパンが 500mm ずつ減少するごとにスパン方向の分割数を10ずつ減らしていく。鋼棒部分は高さと幅の断面 (yz 面) で8分割、スパン方向に 70 分割する。以降はスパンが 500mm ずつ減少するごとにスパン方向の分割数を10ずつ減らしていく。支承は両端から 100mm のところに設けた。鋼棒挿入集成材梁の鋼棒と木材は摩擦を考えないものとし完全に一体化させる。

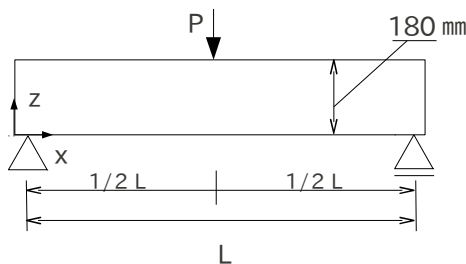


図-1 梁モデル

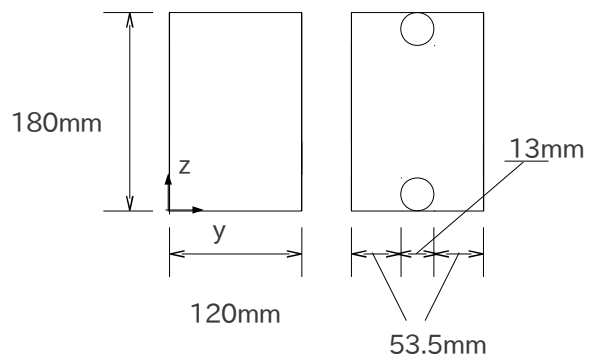


図-2 梁断面モデル

3.解析方法

解析には汎用有限要素解析プログラム MSC/MARC.MENTAT を用いて、8節点四面体要素を使用し、三次元解析を行う。要素数はスパン 3500 mm のときで約1.5万とした。秋田県は全国的にも有名な杉の産地であるので集成材は杉集成材とした。杉集成材のヤング率やせん断強度は国土交通省で告示された中で一番低いものを用いている。荷重はそれぞれのスパンで引張側が曲げ破壊する時の荷重を用いる(図-3)。せん断応力の値は安定した値を得るためにスパン(x) $\frac{1}{4}L$ 幅(y)30mm 高さ(z)90mm の点から読み取ることにする(図-3)。ヤング率とポアソン比は高さ(z)、幅(y)方向でスパン(x)方向の $\frac{1}{25}$ 。せん断弾性係数はヤング率の $\frac{1}{25}$ とした。これは木目の関係上、木材が異方性材料であるためこのように定義している。集成材と鋼棒の材料特性やその他の値は表-1 に示す。

表-1 材料特性、その他の値

| | |
|-------------|--|
| ヤング率(木材) | $E_x=6500\text{N/mm}^2$ $E_y=E_z=E_x/25=380\text{N/mm}^2$ |
| ヤング率(鋼棒) | $E_{\text{鋼}}=200000\text{N/mm}^2$ |
| ポアソン比(木材) | $\nu_x=0.4$ $\nu_y=\nu_z=\nu_x/25=0.016$ |
| ポアソン比(鋼棒) | $\nu_{\text{鋼}}=0.3$ |
| せん断弾性係数(木材) | $G_{xy}=G_{yz}=G_{zx}=E_x/15$ $=433.33\text{N/mm}^2$ |
| せん断強度(木材) | 3.0N/mm^2 |
| せん断補正係数 | $k=5/6$ |

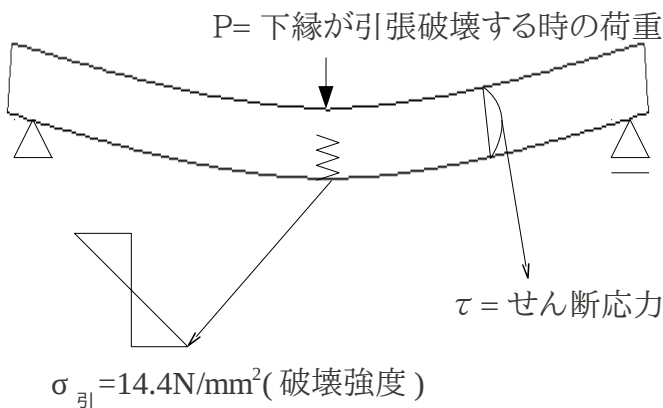


図-3 解析に使用した荷重

4.解析結果

せん断応力とスパンとの関係を(図-4)に示す。スパンLを1000mm~3500mmに変化させた時、せん断応力は非線形に推移している。ティモシェンコ梁のたわみの式 $v = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{PL}{4GkA}$ のとおりスパンLが長くなればなるほど曲げの影響が大きくなり、せん断による影響が小さくなる。鋼棒を挿入した集成材梁は曲げに強くなり、木材のみの集成材梁に比べせん断による影響も大きくなっている。鋼棒挿入集成材梁ではスパン3500mmで、せん断応力が 3.52N/mm^2 となっており、スパンLが1500mm~1000mmの間にせん断強度 3.0N/mm^2 に達している。すなわちモデルとして作成した断面180mm×120mm(高さ×幅)矩形断面の場合1500mm以上では曲げによる破壊で、1000mm以下ではせん断による破壊が起こることがわかる。

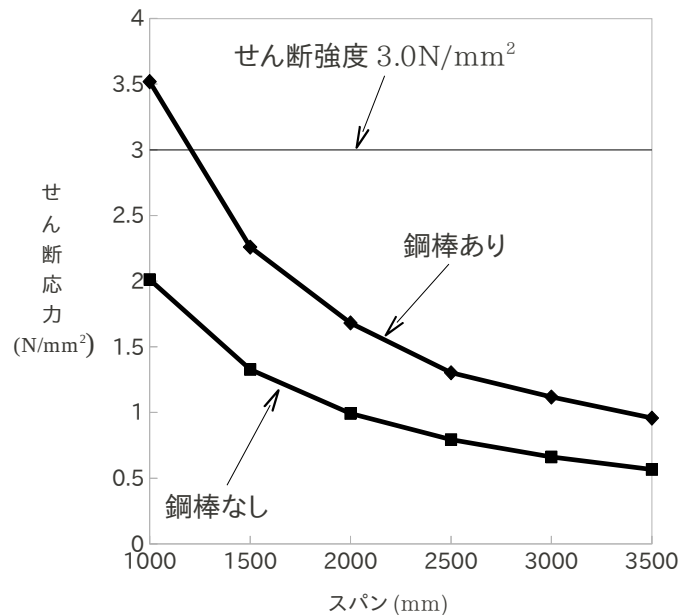


図-4 スパンごとのせん断応力

5.まとめ

本研究では、鋼棒挿入型集成材梁のせん断に焦点をあて、解析を行った。鋼棒挿入集成材梁は木材のみで構成された集成材梁よりもせん断による影響が大きく出ており、スパンが1000mmでは曲げ破壊より先にせん断破壊することがわかった。鋼棒で補剛された部材はより大きな応力がかかる箇所に使用されることが予想されるため、今回のスパン1000mmの時のように曲げに比べてせん断の影響が大きくなる短いスパンでは、せん断に対して注意する必要がある。

【参考文献】

- <http://www.fpri.hro.or.jp/manual/span/span.pdf> (木造建築のためのスパン表-林産試験場)
- <http://kentiku.jounin.jp/syuuseizaikyoudo.html> (構造用集成材の強度等級と許容応力度)